

# HD32.3
# WBGT-PMV-PPD



## HD32.3
## WBGT-PMV
## INDICE PMV ET PPD

Le **HD32.3 – Indice WBGT - PMV** est un instrument réalisé par **Delta Ohm Srl** pour:

- L'analyse des ambiances chaudes très sévères au moyen de l'indice **WBGT** (Wet Bulb Glob Temperature: température au thermomètre globe humide) que ce soit en la présence ou en l'absence de rayonnement solaire.
- L'analyse des ambiances modérées au moyen de l'indice **PMV** (Predicted Mean Vote: Vote Moyen Prévisible) et l'indice **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied: Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits).

**Normes de référence:**

**ISO 7243:** Ambiances chaudes. Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail, basée sur l'indice WBGT (température au thermomètre globe humide).

**ISO 8996**: Ergonomie de l'environnement thermique – Détermination du métabolisme énergétique.

**ISO 7726**: Ergonomie des ambiances thermiques – Appareils de mesure des grandeurs physiques.

**ISO 7730**: Ambiances thermiques modérées. Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort thermique.

L'instrument est doté de trois entrées pour sondes avec module SICRAM: les sondes disposent d'un circuit électronique qui dialogue avec l'instrument. Les données d'étalonnage du capteur sont conservées dans leur mémoire permanente.

Chacune des sondes SICRAM peut être insérée dans n'importe quelle entrée: elles sont automatiquement reconnues lors de l'allumage de l'instrument.

Les **principales caractéristiques** de l'instrument sont:

- **Logging:** acquisition des données et mémorisation dans l'instrument. Capacité de mémoire: **64 sessions de logging** distinctes, avec possibilité de configurer l'intervalle d'acquisition des échantillons. La **durée de la mémorisation** peut être configurée, et grâce à la fonction **auto-start**, il est possible de régler la date et l'heure de début et de fin de la mémorisation des données.
- L'**unité de mesure** des grandeurs de température affichées: °C, °F, °K.
- La **date** et l'**heure** du système.
- L'affichage des paramètres statistiques **maximum, minimum, moyen** et leur suppression.
- La vitesse de transfert des données au moyen d'un port série RS232.

L'instrument **HD32.3** est capable de relever simultanément les grandeurs suivantes:

- Température de thermomètre globe **Tg** avec la sonde **TP3276.2 ou (TP3775)**.
- Température de bulbe humide à ventilation naturelle **Tn** avec la sonde **HP3201.2 ou (HP3201).**
- Température ambiante **T** avec la sonde **TP3207.2 ou (TP3207).**
- Humidité relative **RH** et température ambiante **T** avec la sonde **HP3217.2 ou (HP3217).**
- Vitesse de l'air **Va** avec la sonde **AP3203.2 ou (AP3203).**

Sur la base des grandeurs relevées, l'instrument HD32.3 est capable de **calculer** et d'**afficher**, avec les sondes **TP3207R.2 ou (TP3207R), HP3276.2 ou (TP3775)** et **HP3201.2 ou (HP3201)** les indices suivants:

- Indice **WBGT(in)** (Wet Bulb Glob Temperature: température au thermomètre globe humide) en l'absence de rayonnement solaire.
- Indice **WBGT(out)** (Wet Bulb Glob Temperature: température au thermomètre globe humide) en présence de rayonnement solaire.

Sur la base des grandeurs relevées, l'instrument HD32.3 est capable de **calculer** et d'**afficher**, avec les sondes **TP3217.2 ou (TP3217), HP3276.2 ou (HP3275)** et **AP3203.2 ou (AP3203)** les indices suivants:

- Température moyenne radiante **Tr**.
- Indice **PMV** (Predicted Mean Vote: Vote Moyen Prévisible).
- Indice **PPD** (Predicted Percentage of Dissatisfied: Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits).

**Le WBGT**

Le **WBGT** (Wet Bulb Globe Temperature – température au thermomètre globe humide) est l'un des indices utilisés pour déterminer le stress thermique auquel un individu est soumis dans un environnement chaud.

Il représente la valeur, correspondante à la dépense métabolique liée à une activité professionnelle déterminée, au-delà de laquelle le sujet se trouve dans une situation de stress thermique.

L'indice WBGT associe la mesure de la température de bulbe humide à ventilation naturelle $t_{nw}$ à la température de thermomètre globe $t_g$ et, dans certaines situations, à la température de l'air $t_a$.

La formule de calcul est la suivante:

- À l'intérieur et à l'extérieur d'édifices, en l'absence de rayonnement solaire:

$$WBGT_{environnements\ fermés} = 0{,}7\ t_{nw} + 0{,}3\ t_g$$

- À l'extérieur d'édifices, en présence de rayonnement solaire:

$$WBGT_{environnements\ extérieurs} = 0{,}7\ t_{nw} + 0{,}2\ t_g + 0{,}1\ t_a$$

où:

$t_{nw}$ = température du bulbe humide à ventilation naturelle;
$t_g$ = température du thermomètre globe;
$t_a$ = température de l'air.

Il faut comparer les données relevées aux valeurs limites prescrites par la norme ; dans le cas où elles sont dépassées, il faut:

- Réduire directement le stress thermique sur le lieu de travail examiné;
- Procéder à une analyse détaillée du stress thermique.

**Pour le calcul de l'indice WBGT il est nécessaire que soient branchées à l'instrument :**

- **La sonde de température à bulbe humide à ventilation naturelle HP3201.2 ou (HP3201).**
- **La sonde thermomètre globe TP3276.2 ou (TP3275).**
- **La sonde de température à bulbe sec dans le cas où le relevé est effectué en présence de rayonnement solaire TP3207.2 ou (TP3207).**

**Pour la mesure de l'indice WBGT il faut se référer aux normes :**

- **ISO 7726**
- **ISO 7243**
- **ISO 8996**

**PMV - PPD**

Le confort thermique est défini par la société ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers INC) comme une condition de bien-être psycho-physique de l'individu par rapport à l'environnement dans lequel il vit et travaille. L'évaluation de cet état subjectif peut être objectivée et quantifiée au moyen d'indices thermiques intégrés qui prennent en compte aussi bien des paramètres microclimatiques ambiants (Ta, Tr, Va, rh), que la dépense énergétique (dépense métabolique MET) relative à l'activité professionnelle, ainsi que la typologie d'habillement (isolation thermique CLO) communément utilisée.

Parmi ces indices, c'est le **PMV** (Vote Moyen Prévisible) qui reflète avec la plus grande précision l'influence des variables physiques et physiologiques susmentionnées sur le confort thermique.

En synthèse, il dérive de l'équation du bilan thermique où le résultat est rapporté à une échelle de bien-être psycho-physique, et exprime l'opinion moyenne (vote

moyen prévisible) sur les sensations thermiques d'un échantillon de sujets qui se trouvent dans le même environnement.
Un deuxième indice naît du PMV: c'est le **PPD** (Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits) qui quantifie sous forme de pourcentage les sujets «insatisfaits» de manière générale, par rapport à des conditions microclimatiques déterminées.
La norme ISO 7730 recommande d'avoir recours au PMV en présence des environnements suivants avec variation des variables qui conditionnent l'équilibre thermique:

- dépense énergétique = 1 ÷ 4 met
- impédance thermique par l'habillement = 0 ÷ 2 clo
- température du bulbe sec = 10 ÷ 30°C
- température radiante moyenne = 10 ÷ 40°C
- vitesse de l'air = 0 ÷ 1 m/sec
- pression de vapeur = 0 ÷ 2,7 kpa

Le PMV se présente donc comme un indice particulièrement approprié pour l'évaluation des **environnements de travail à microclimat modéré**, comme les habitations, écoles, bureaux, laboratoires de recherche, hôpitaux, etc. Il sert aussi à relever des degrés limités de malaise thermique chez ceux qui résident dans ces environnements. Pour un état de confort thermique, la norme ISO 7730 suggère des valeurs de PMV comprises entre + 0,5 et - 0,5, où le pourcentage d'insatisfaits des conditions thermiques (PPD) est inférieur à 10% (voir tableau suivant).




HD40.1






Exemple d'impression immédiate des données du PMV, obtenue avec l'imprimante HD40.1

| | NOTES |
|---|---|
| ======================== | |
| ISO 7730 PMV Index | Norme de référence |
| ======================== | |
| Model HD32.3 WBGT - PMV | Modèle de l'instrument |
| Firm.Ver.=01.00 | Version du firmware de l'instrument |
| Firm.Date=2008/12/05 | Date du firmware de l'instrument |
| SN=12345678 | Numéro de Série de l'instrument |
| ID=0000000000000000 | Code d'identification |
| ------------------------ | |
| Probe ch.1 description | Description de la sonde branchée à l'entrée 1 |
| Type: Hot wire | |
| Data cal.:2008/10/15 | |
| Serial N.:08109460 | |
| ------------------------ | |
| Probe ch.2 description | Description de la sonde branchée à l'entrée 2 |
| Type: Pt100 Tg 50 | |
| Data cal.:2008/10/01 | |
| Serial N.:08109452 | |
| ------------------------ | |
| Probe ch.3 description | Description de la sonde branchée à l'entrée 3 |
| Type: RH | |
| Data cal.:2008/10/15 | |
| Serial N.:08109464 | |
| ======================== | |
| Date=2008/11/21 15:00:00 | Date et heure |
| Va 0.00 m/s | Vitesse de l'air |
| Tg 22.0 °C | Température de thermomètre globe |
| Ta 22.0 °C | Température de bulbe sec |
| RH 39.1 % | Humidité relative |
| MET 1.20 | Activité métabolique |
| CLO 1.00 | Résistance des vêtements |
| PMV 0.10 | PMV – Vote Moyen Prévisible |
| PPD 5.10 % | PPD – Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits |
| ======================== | |

*Tableau 1: échelle d'évaluation de l'environnement thermique*

| PMV | PPD % | ÉVALUATION DE L'ENVIRONNEMENT THERMIQUE |
|---|---|---|
| +3 | 100 | Très chaud |
| +2 | 75,7 | Chaud |
| +1 | 26,4 | Légèrement chaud |
| **+0,85** | **20** | **Environnement thermiquement acceptable** |
| **-0,5 < PMV < +0,5** | **< 10** | **Confort thermique** |
| **-0,85** | **20** | **Environnement thermiquement acceptable** |
| -1 | 26,8 | Frais |
| -2 | 76,4 | Froid |
| -3 | 100 | Très froid |

Pour le calcul des indices PMV et PPD il est nécessaire de connaître:
- la charge de travail (dépense énergétique);
- les impédances thermiques des vêtements.

**Température moyenne radiante $T_r$**
La température moyenne radiante est définie comme la température d'un environnement factice, thermiquement uniforme, qui échangerait avec l'homme la même puissance thermique radiante dégagée dans un environnement réel.
**Pour évaluer la température moyenne radiante il faut relever: la température de thermomètre globe, la température de l'air et la vitesse de l'air mesurée autour du thermomètre globe.**

**CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES**
***Instrument***
Dimensions
(Longueur x Largeur x Hauteur) 185x90x40 mm
Poids 470 g (pourvu de batterie)
Matériau ABS, caoutchouc
Affichage Rétro-éclairé, à matrice de points 160x160 points, aire visible 52x42mm

***Conditions de fonctionnement***
Température de fonctionnement -5 … 50°C
Température de stockage -25 … 65°C
Humidité relative de travail 0 … 90% HR pas de condensation
**Degré de protection** **IP67**
***Incertitude de l'instrument*** ± 1 digit @ 20°C

***Alimentation***
Adaptateur de réseau (code SWD10) 12Vdc/1A
Piles 4 piles 1.5V type AA
Autonomie 200 h. avec piles alcalines de 1800mAh
Courant absorbé à instrument éteint < 45μA
***Sécurité des données mémorisées*** Illimitée

***Sonde de température TP3207.2 (TP3207)***
Capteur type: Pt100 à film mince
Exactitude: Classe 1/3 DIN
Domaine de mesure: -40 ÷ 100 °C
Résolution: 0.1°C
Dérive en température @20°C: 0.003%/°C
Dérive à 1 an: 0.1°C/an
Branchement: 4 fils plus module SICRAM
Connecteur: 8 pôles femelle DIN45326
Dimensions: Ø=14 mm L= 150 mm
Temps de réponse $T_{95}$: 15 minutes

***Sonde thermomètre globe Ø=50 mm TP3276.2 (Ø150mm TP3275)***
Capteur type: Pt100
Exactitude: Classe 1/3 DIN
Domaine de mesure: -10 ÷ 100 °C
Résolution: 0.1°C
Dérive en température @20°C: 0.003%/°C
Dérive à 1 an: 0.1°C/an
Branchement: 4 fils plus module SICRAM
Connecteur: 8 pôles femelle DIN45326
Dimensions tige: Ø=8 mm L= 170 mm
Temps de réponse $T_{95}$: 15 minutes

***Sonde à bulbe humide à ventilation naturelle HP3201.2 (HP3201)***
Capteur type: Pt100
Exactitude: Classe A à fil de platine
Domaine de mesure: 4 °C ÷ 80 °C
Résolution: 0.1°C
Dérive en température @20°C: 0.003%/°C
Dérive à 1 an: 0.1°C/an
Branchement: 4 fils plus module SICRAM
Connecteur: 8 pôles femelle DIN45326
Dimensions tige: Ø=14 mm L= 170 mm
Longueur tresse: 10 cm. environ
Capacité réservoir: 15 cc.
Autonomie réservoir: 96 h. avec HR=50%, t = 23°C
Temps de réponse $T_{95}$: 15 minutes

***Sonde combinée température et humidité relative HP3217.2 (HP3217R)***
Capteurs type: Pt100 à film mince pour température
Capteur capacitif pour humidité relative
Exactitude température: 1/3 DIN
Exactitude humidité relative: ± 2%HR (15 ÷ 90 %HR) @ 20°C
± 2.5%HR restante campo
Domaine de mesure: Température: -10 °C ÷ 80 °C
humidité relative: 5% ÷ 98% HR
Branchement: 4 fils plus module SICRAM
Connecteur: 8 pôles femelle DIN45326
Dimensions: Ø=14 mm L= 150 mm
Délai de réponse $T_{95}$: 15 minutes
Résolution: 0.1%HR, 0.1% °C

***Sonde à fil chaud omnidirectionnelle AP3203.2 (AP3203)***
Capteur type: NTC 10kohm
Exactitude: ± 0.05 m/s (0÷1 m/s)
± 0.15 m/s (1÷5 m/s)
Domaine de mesure: 0÷5 m/s
0 °C ÷ 80 °C
Branchement: 7 fils plus module SICRAM
Connecteur: 8 pôles femelle DIN45326
Dimensions tige: Ø=8 mm L= 230 mm
Dimension protection: Ø=80 mm
Résolution: 0.01 m/s
Dérive en température @20°C: 0.06% /°C
Dérive à 1 an: 0.12 °C/an

***Branchements***
Entrée pour sondes avec module SICRAM 3 Connecteurs 8 pôles mâle DIN 45326

***Interface série:***
Prise: M12-8 pôles.
Type: RS232C (EIA/TIA574) ou USB 1.1 ou 2.0 non isolées
Baud rate: de 1200 à 38400 baud.
Avec USB baud=460800
Bit de données: 8
Parité: Aucune



| | |
|---|---|
| Bit d'arrêt: | 1 |
| Contrôle de flux: | Xon-Xoff |
| Longueur câble: | max 15m |
| ***Mémoire*** | subdivisée en 64 blocs. |
| ***Capacité de mémoire*** | 67600 mémorisations pour chacune des 3 entrées. |
| ***Intervalle de mémorisation*** | sélectionnable entre: 15, 30 secondes, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 30 minutes et 1 heure. |

| Intervalle de mémorisation | Capacité de mémoire |
|---|---|
| 15 secondes | Environ 11 jours et 17 heures |
| 30 secondes | Environ 23 jours et 11 heures |
| 1 minute | Environ 46 jours et 22 heures |
| 2 minutes | Environ 93 jours et 21 heures |
| 5 minutes | Environ 234 jours et 17 heures |
| 10 minutes | Environ 1 an et 104 jours |
| 15 minutes | Environ 1 an et 339 jours |
| 20 minutes | Environ 2 ans et 208 jours |
| 30 minutes | Environ 3 ans et 313 jours |
| 1 heure | Environ 7 ans et 261 jours |

**CODES DE COMMANDE**

**HD32.3** est composé de:

- L'instrument **HD32.3**, 4 piles alcalines de 1.5V type AA , mode d'emploi, mallette. **Logiciel DeltaLog10 pour l'analyse des indices WBGT et PMV et PPD.**

**Les sondes et les câbles doivent être commandés à part.**

**HD32.3A est composé de:**

- L'instrument **HD32.3**, 4 piles alcalines de 1.5V type AA , mode d'emploi, mallette. **Logiciel DeltaLog10 pour l'analyse des indices WBGT et PMV et PPD.**

**Les sondes et les câbles doivent être commandés à part.**

Les **sondes** nécessaires pour la mesure du **WBGT** sont:

- Sonde de température de bulbe sec **TP3207.2 (TP3207).**
- Sonde thermomètre globe **TP3276.2 (TP3275).**
- Sonde de température de bulbe humide à ventilation naturelle **HP3201.2 (HD3201).**

Les **sondes** nécessaires pour la mesure du **PMV** sont:

- Sonde combinée température et humidité relative **HP3217.2 (HD3217R).**
- Sonde à fil chaud omnidirectionnelle **AP3203.2 (AP3203).**
- Sonde thermomètre globe **TP3276.2 (TP3275).**

**Sondes pour HD32.3**

**TP3207.2:** Sonde de température capteur Pt100. Tige sonde Ø 14mm, longueur 150 mm. Pourvue de module SICRAM. **Employée pour la mesure du WBGT.**

**TP3276.2:** Sonde thermomètre globe capteur Pt100, globe Ø 50 mm. Tige Ø 8 mm, longueur 170 mm. Pourvue de module SICRAM. **Employée pour la mesure du WBGT, du PMV et du PPD.**

**HP3201.2:** Sonde à bulbe humide à ventilation naturelle. Capteur Pt100. Tige sonde Ø 14 mm, longueur 170 mm. Pourvue de module SICRAM, de rechange de la tresse et de récipient de 50cc. d'eau distillée. **Employée pour la mesure du WBGT.**

**HP3217.2:** Sonde combinée température et humidité relative. Capteur de HR capacitif, Capteur de température Pt100. Tige sonde Ø 14 mm, longueur 150 mm. Pourvue de module SICRAM. **Employée pour la mesure du PMV et PPD.**

**AP3203.2:** Sonde à fil chaud omnidirectionnelle. Plage de mesure: vitesse de l'air 0÷5 m/s, température 0÷100 °C. Tige sonde Ø 8 mm, longueur 230 mm. Pourvue de module SICRAM. **Employée pour la mesure du PMV et PPD.**

**Sonde pour HD32.3 version A**

**TP3207:** Sonde de température capteur Pt100. Tige sonde Ø 14mm, longueur 140 mm. Câble longueur 2 mètres. Pourvue de module SICRAM. Employée pour la mesure des indices suivants: **IREQ,WCI, DLE, RT, PMV, PPD, WBGT, SR**. Utilisée dans le calcul de la Température moyenne radiante.

**TP3275:** Sonde thermomètre globe capteur Pt100, globe Ø 150 mm. Tige Ø 14 mm, longueur 110 mm. Câble longueur 2 mètres. Pourvue de module SICRAM. Utilisée dans les mesures de: **Température moyenne radiante, WBGT**.

**HP3201:** Sonde à bulbe humide à ventilation naturelle. Capteur Pt100. Tige sonde Ø 14 mm, longueur 110 mm. Câble longueur 2 mètres. Pourvue de module SICRAM, de tresse de rechange et boitier de 50cc. d'eau distillée. Utilisée dans les mesures de: **WBGT**.

**HP3217R:** Sonde combinée température et humidité relative. Capteur de HR capacitif, Capteur de température Pt100. Tige sonde Ø 14 mm, longueur 150 mm. Pourvue de module SICRAM. **Employée pour la mesure du PMV et PPD.**

**AP3203:** Sonde à fil chaud omnidirectionnelle. Plage de mesure: vitesse de l'air 0÷5 m/s, température 0÷100 °C. Tige sonde Ø 8 mm, longueur 230 mm. Pourvue de module SICRAM. **Employée pour la mesure du PMV et PPD.**

**Accessoires:**

**VTRAP30:** Trépied à fixer à l'instrument hauteur maximum 280 mm

**HD2110/RS:** Câble de branchement avec connecteur M12 du côté instrument et avec connecteur à logement SubD femelle 9 pôles pour RS232C du côté PC.

**HD2110/USB:** Câble de branchement avec connecteur M12 du côté instrument et avec connecteur USB 2.0 du côté PC.

**SWD10:** Alimentateur stabilisé sur la tension secteur 100-240Vac/12Vdc-1A.

**AQC:** 200cc. d'eau distillée et n° 3 tresses pour sondes HP3201 ou HP3217DM

**HD40.1:** Imprimante (utilise un câble **HD2110/RS**)

**BAT.40:** Paquet de 4 piles de rechange pour les imprimantes HD40.1 et HD40.2 avec capteur de température intégré.

**RCT:** Kit de quatre rouleaux de papier thermique largeur 57mm, diamètre 32mm.

